

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
11. November 2004 (11.11.2004) ✓ **PCT**

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/096467 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B22D 41/00**,  
46/00

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE2004/000587**

(22) Internationales Anmeldedatum:  
23. März 2004 (23.03.2004)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:  
103 19 495.9 30. April 2003 (30.04.2003) **DE**

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): **MTU AERO ENGINES GMBH** [DE/DE];  
Dachauer Strasse 665, 80995 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BAMBERG, Joachim**  
[DE/DE]; Augustenfelderstrasse 18, 85221 Dachau (DE).

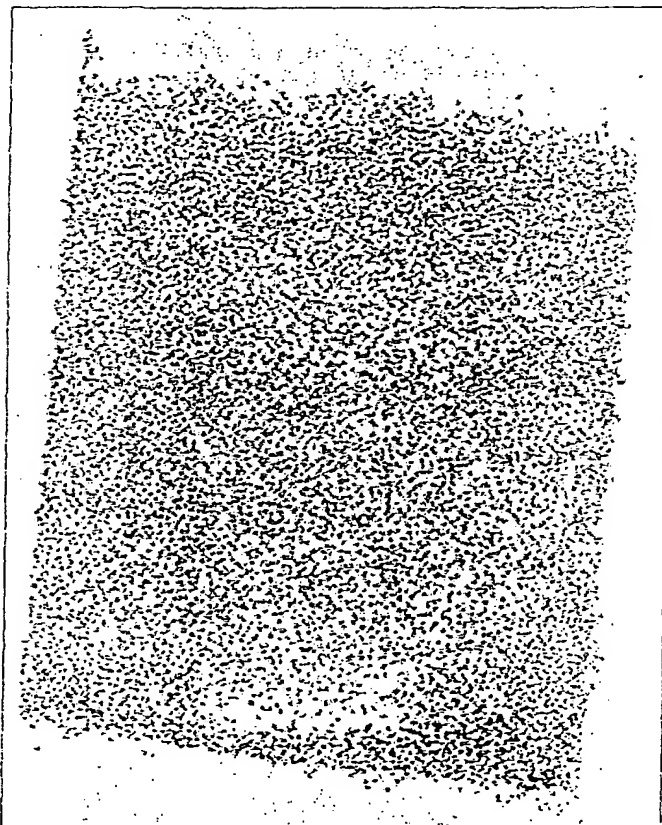
(74) Anwälte: **PFISTER, Fritz** usw.: DaimlerChrysler AG,  
Intellectual Property Management, IPM - C106, 70546  
Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AI.,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,  
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **METHOD FOR PRODUCING PARTS FO GAS TURBINES**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON BAUTEILEN FÜR GASTURBINEN**



(57) Abstract: The invention relates to a method for  
producing, preferably by moulding parts or half-fin-  
ished parts for gas turbines, in particular for aircraft  
engines. According to said invention, a melting cru-  
cible is produced from boron nitride for this purpose.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft  
ein Verfahren zur Herstellung von Bauteilen bzw.  
Halbfertigteilen für Gasturbinen, insbesondere für  
Flugzeugtriebwerke, durch vorzugsweise Gießen.  
Erfindungsgemäß wird ein Schmelztiegel verwendet,  
der aus Bornitrid hergestellt ist.

WO 2004/096467 A1

## Verfahren zur Herstellung von Bauteilen für Gasturbinen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Bauteilen bzw. Halbfertigteilen für Gasturbinen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Moderne Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerke, müssen höchsten Ansprüchen im Hinblick auf Zuverlässigkeit, Leistung, Gewicht, Wirtschaftlichkeit und Lebensdauer gerecht werden. Im Laufe der Jahre wurden Flugzeugtriebwerke entwickelt, die die obigen Anforderungen voll erfüllen und ein hohes Maß an technischer Perfektion erreicht haben. Der Auswahl bzw. Entwicklung neuer Werkstoffe sowie geeigneter Fertigungsverfahren bzw. Herstellverfahren kommt bei der Optimierung von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, eine entscheidende Rolle zu.

Die wichtigsten, aus dem Stand der Technik bekannten Werkstoffe für Gasturbinen sind Nickellegierungen, Titanlegierungen und hochfeste Stähle. Die hochfesten Stähle werden hauptsächlich für Wellen und Getriebeteile verwendet. Titanlegierungen sind typische Werkstoffe für Verdichterteile, Nickellegierungen bzw. Superlegierungen auf Nickelbasis sind insbesondere für die sogenannten heißen Triebwerksteile geeignet.

Triebwerksteile aus den oben genannten Werkstoffen werden nach dem Stand der Technik durch Gießen oder Schmieden hergestellt. Laufschaufeln und Leitschaufeln für Gasturbinen werden in der Regel gegossen. Hochbeanspruchte Scheiben und Ringe sowie alle Schaufelblätter im Verdichterbereich werden vorzugsweise durch Schmieden hergestellt. Triebwerkscheiben, die aus der Superlegierung Udimet 720 LI bestehen, können durch sogenanntes Gießen plus Schmieden in geeigneter Qualität gefertigt werden.

Beim Gießen von Triebwerksteilen aus Superlegierungen kommen Schmelztiegel zum Einsatz, wobei nach dem Stand der Technik die Schmelztiegel aus oxidischen Materialien, vorzugsweise aus Aluminiumoxid, hergestellt sind. Beim Gießen von Triebwerksbauteilen aus Superlegierungen kann es zu Reaktionen zwischen der Superlegierung und dem

Tiegelmaterial, insbesondere dem Aluminiumoxid, kommen. Als Folge können in das herzustellende Bauteil bzw. Halbfertigteil oxidische Einschlüsse eingebaut werden, die zu einem vorzeitigen Versagen des Triebwerkteils führen können. Vor der weiteren Verarbeitung des Bauteils bzw. Halbfertigteils ist es demnach wichtig, derartige Einschlüsse zuverlässig nachzuweisen, damit gegebenenfalls das durch Gießen hergestellte Bauteil bzw. Halbfertigteil verworfen werden kann. Der Nachweis solcher oxidischer Einschlüsse in Superlegierungen bereitet jedoch nach dem Stand der Technik erhebliche Schwierigkeiten. Ein zuverlässiger Nachweis ist nicht möglich.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, ein neuartiges Verfahren zur Herstellung von Bauteilen bzw. Halbfertigteilen für Gasturbinen zu schaffen.

Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass das Eingangs genannte Verfahren durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist.

Erfindungsgemäß wird beim Gießen ein Schmelztiegel verwendet, der aus Bornitrid hergestellt ist. Hierdurch werden einerseits oxidische Einschlüsse in das Bauteil bzw. Halbfertigteil vermieden, andererseits sind Einschlüsse, die auf einem Abrieb oder Verschleiß des Bornitrids basieren, mit hoher Zuverlässigkeit nachweisbar.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird im Anschluss an das Gießen das Bauteil bzw. Halbfertigteil einer Prüfung auf unerwünschte Einschlüsse unterzogen. Ein vorzeitiges Versagen der Bauteile bzw. der Gasturbinen kann hierdurch minimiert werden.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen und der Beschreibung. Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird, ohne hierauf beschränkt zu sein, unter Bezugnahme auf die einzige Figur näher erläutert.

Die hier vorliegende Erfindung betrifft die Herstellung bzw. Fertigung von Bauteilen bzw. Halbfertigteilen für Gasturbinen, wie Flugzeugtriebwerke, durch Gießen bzw. durch Gießen plus Schmieden. Als Gießverfahren kann auch ein sogenanntes Feingießen zum Einsatz kommen.

Es liegt nun im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, dass beim Gießen ein Schmelztiegel verwendet wird, der aus Bornitrid hergestellt ist. Es ist demnach eine Grundidee der hier vorliegenden Erfindung, keine Schmelztiegel auf Basis oxidischer Werkstoffe, wie zum Beispiel Aluminiumoxid, zu verwenden, sondern vielmehr Schmelztiegel, die aus Bornitrid bestehen. Hierdurch wird einerseits das Einbauen oxidischer Einschlüsse in das Bauteil bzw. Halbfertigteil vermieden. Andererseits sind Einschlüsse, die sich aufgrund eines Abriebs bzw. Verschleißes des Schmelztiegels bzw. Bornitrids ausbilden können, sicher bzw. zuverlässig nachweisbar.

Es liegt demnach im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, einerseits beim Gießen einen Schmelztiegel aus Bornitrid zu verwenden, und andererseits nach dem Gießen das Bauteil bzw. Halbfertigteil einer Prüfung auf unerwünschte Einschlüsse zu unterziehen. Werden derartige Einschlüsse festgestellt, so kann das Bauteil bzw. Halbfertigteil vor einer weiteren Bearbeitung verworfen werden. Die Fertigung von Ausschussware kann dadurch deutlich reduziert werden. Weiterhin wird ein durch solche unerwünschte Einschlüsse hervorgerufenen, vorzeitiges Versagen von Bauteilen reduziert.

Erfindungsgemäß wird zur Überprüfung des Bauteils auf unerwünschte Einschlüsse das Bauteil bzw. Halbfertigteil einer Röntgen-Prüfung bzw. Neutronenradiographie-Prüfung unterzogen. Sind in das Bauteil bzw. Halbfertigteil aus Superlegierung unerwünschte Bornitrideinschlüsse eingebaut, so bewirkt das Bor gegenüber allen anderen Legierungselementen ein sehr viel stärkere Neutronenschwächung. Gegenüber Nickel bewirkt Bor eine in etwa 100-fach stärkere Neutronenschwächung. Die Einschlüsse können daher kontrastreich und sicher nachgewiesen werden. Dies zeigt Fig. 1 besonders deutlich.

So zeigt Fig. 1 das Ergebnis einer Neutronenradiographie-Prüfung eines Bauteils aus einer Nickellegierungen bzw. Superlegierungen mit einem auf dem Bauteil angebrachten Bornitrid-Streifen. Die Bornitrid-Körnchen mit einer Größe von ca. 150  $\mu\text{m}$  sind kontrastreich und deutlich gegenüber den Elementen der Superlegierungen darstellbar.

Wird bei der Prüfung des Bauteils bzw. Halbfertigteils festgestellt, dass keine unerwünschten Einschlüsse vorliegen, so kann das Bauteil bzw. Fertigteil einem weiteren Bearbeitungsverfahren, zum Beispiel einem Beschichtungsverfahren, unterzogen werden. Werden hingegen unerwünschte Einschlüsse bei der Überprüfung erkannt, so kann das Bauteil bzw. Halbfertigteil rechtzeitig verworfen werden.

Besonders bevorzugt ist das oben beschriebene, erfindungsgemäße Verfahren bei der Herstellung von Triebwerkscheiben aus einer Superlegierung, wie zum Beispiel aus Udimet 720 LI, wobei solche Triebwerkscheiben durch Gießen plus Schmieden hergestellt werden. Derartige Triebwerkscheiben sind höchsten mechanischen Belastungen ausgesetzt und es ist daher besonders bei Triebwerkscheiben wichtig, unerwünschte Einschlüsse zu vermeiden und sicher sowie zuverlässig nachzuweisen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Bauteilen bzw. Halbfertigteilen für Gasturbinen, insbesondere für Flugzeugtriebwerke, durch vorzugsweise Gießen **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Schmelztiigel verwendet wird, der aus Bornitrid hergestellt ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Anschluss das Bauteil bzw. Halbfertigteil einer Prüfung auf unerwünschte Einschlüsse unterzogen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil bzw. Halbfertigteil mit Hilfe einer Röntgen-Prüfung auf unerwünschte Einschlüsse überprüft wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil bzw. Halbfertigteil mit Hilfe einer Neutronenradiographie-Prüfung auf unerwünschte Einschlüsse überprüft wird.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil bzw. Halbfertigteil nach der Prüfung einer weiteren Bearbeitung, zum Beispiel einem Beschichtungsverfahren, unterzogen wird.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil bzw. Halbfertigteil aus einer Superlegierung hergestellt wird.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil bzw. Halbfertigteil als Triebwerksscheibe ausgebildet ist, die aus einer Superlegierung, insbesondere aus Udimet 720 LI, durch Gießen plus Schmieden hergestellt wird.

8. Verfahren zur Herstellung von Bauteilen bzw. Halbfertigteilen für Gasturbinen, insbesondere für Flugzeugtriebwerke, aus einer Superlegierung durch Gießen **dadurch gekennzeichnet, dass:**
- a) beim Gießen ein Schmelztiigel verwendet wird, der aus Bornitrid hergestellt ist,
  - b) im Anschluss an das Gießen das Bauteil bzw. Halbfertigteil einer Prüfung auf unerwünschte Bornitrid-Einschlüsse unterzogen wird.

## Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Bauteilen bzw. Halbfertigteilen für Gasturbinen, insbesondere für Flugzeugtriebwerke, durch vorzugsweise Gießen.

Erfindungsgemäß wird ein Schmelztiegel verwendet, der aus Bornitrid hergestellt ist (Fig. 1).



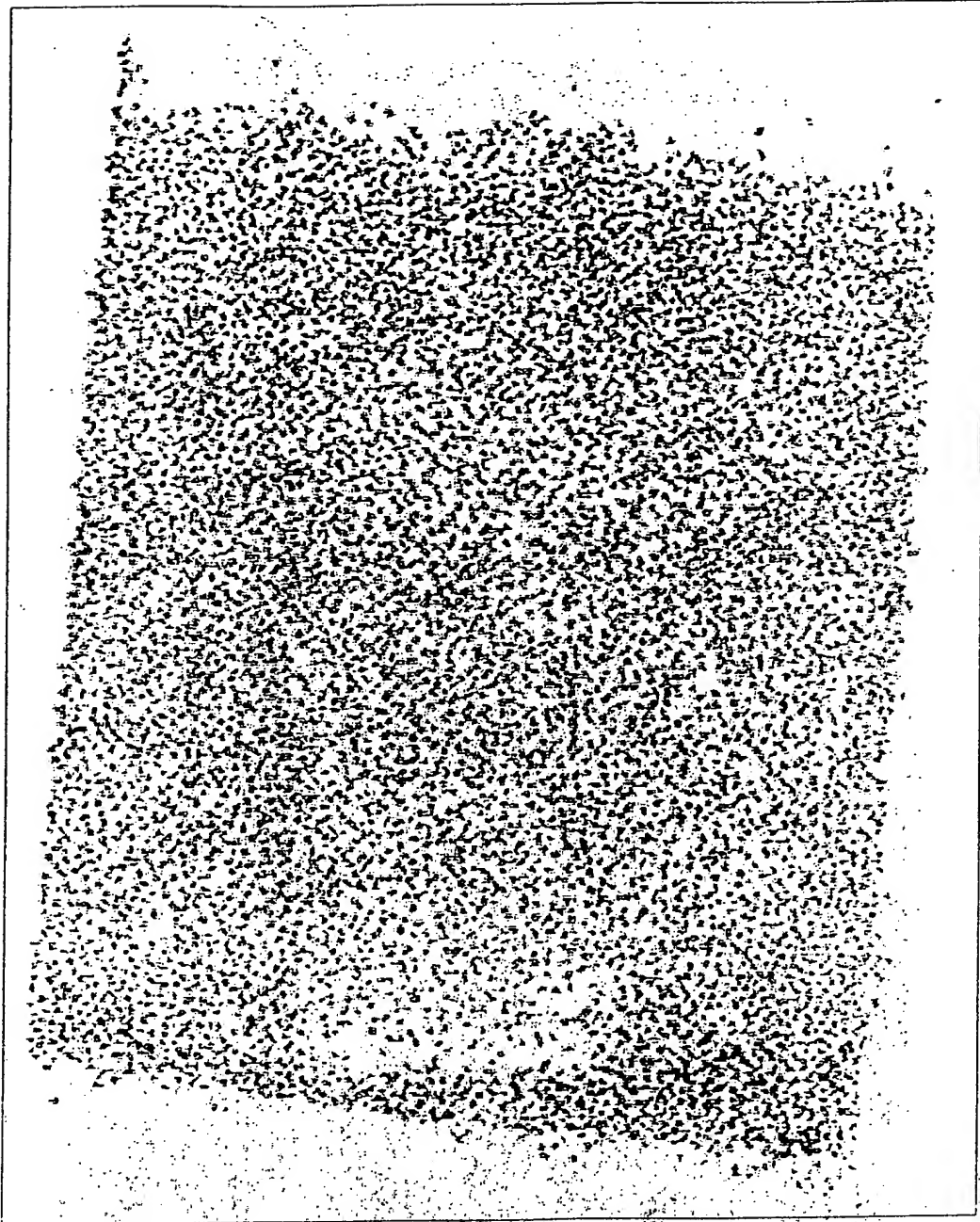


Fig. 1